

⑫ 公開特許公報(A)

昭62-274563

⑪ Int. Cl.⁴

H 01 M 8/04

8/06

識別記号

庁内整理番号

Z-7623-5H

J-7623-5H

R-7623-5H

⑬ 公開 昭和62年(1987)11月28日

審査請求 未請求 発明の数 2 (全8頁)

⑭ 発明の名称 複合発電プラント

⑮ 特 願 昭61-117520

⑯ 出 願 昭61(1986)5月23日

⑰ 発 明 者 野 口 芳 樹 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地 株式会社日立製作所内

⑰ 発 明 者 長 崎 伸 男 日立市幸町3丁目2番1号 日立エンジニアリング株式会社内

⑰ 発 明 者 服 部 洋 市 日立市幸町3丁目2番1号 日立エンジニアリング株式会社内

⑰ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

⑰ 出 願 人 日立エンジニアリング株式会社 日立市幸町3丁目2番1号

⑰ 代 理 人 弁理士 秋本 正実
最終頁に続く

明 題 書

1. 発明の名称

複合発電プラント

2. 特許請求の範囲

1. ガスタービン発電装置と燃料電池とから成る複合発電プラントに於いて、燃料ガスを改質系を介して上記燃料電池のアノードに導き、上記アノードから排出される排ガスを燃焼器で燃焼させ上記燃料電池の動作温度よりも高温の燃焼ガスとなし、上記燃焼ガスで上記ガスタービンを駆動するように構成したことを特徴とする複合発電プラント。

2. 改質系は改質器として燃料電池の外部に設けられていることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の複合発電プラント。

3. 改質系は燃料電池の内部に設けられていることを特徴とする特許請求の範囲第1項又は第2項記載の複合発電プラント。

4. 燃料電池のカソード極へ圧縮機とターボチャージを設け、上記カソードの出口からの排ガ

スによって上記ターボチャージを駆動し、上記ターボチャージの出力によって上記圧縮機を駆動して、上記カソードの入口に圧縮空気を供給するように構成したことを特徴とする特許請求の範囲第1項又は第2項又は、第3項記載の複合発電プラント。

5. ガスタービンを駆動した燃焼ガスを改質器の燃焼部に導いた後、排熱回収ボイラーに導くように構成したことを特徴とする特許請求の範囲第2項又は第3項又は第4項記載の複合発電プラント。

6. 燃料電池の出力負荷を上記燃料電池上流側の燃料流量に比例させて制御することにより、上記燃料電池アノード出口ガス中の残存発熱量を一定値以上とするように構成したことを特徴とする特許請求の範囲第1項又は第2項又は第3項又は第4項又は第5項記載の複合発電プラント。

7. ガスタービン発電装置、蒸気タービン発電装置及び燃料電池とから成る複合発電プラントに

- 於いて、燃料ガスを改質系を介して上記燃料電池のアノードに導き、上記アノードから排出される非ガスを燃焼器で燃焼させ上記燃料電池の動作温度よりも高温の燃焼ガスとなし、上記燃焼ガスで上記ガスタービンを駆動するとともに、上記燃焼ガスを排熱回収ボイラーに導き、該ボイラーにて高温高压の水蒸気を生成し、上記水蒸気を上記蒸気タービンに導き上記蒸気タービンを駆動するように構成したことを特徴とする複合発電プラント。
8. 改質系は改質器として燃料電池の外部に設けられていることを特徴とする特許請求の範囲第7項記載の複合発電プラント。
9. 改質系は燃料電池の内部に設けられていることを特徴とする特許請求の範囲第7項記載の複合発電プラント。
10. 燃料電池のカソード極へ圧縮機とターボチャージを設け、上記カソードの出口からの非ガスによつて上記ターボチャージを駆動し、上記ターボチャージの出力によつて上記圧縮機

を駆動して、上記カソードの入口に圧縮空気を供給するように構成したことを特徴とする特許請求の範囲第7項又は第8項又は第9項記載の複合発電プラント。

11. ガスタービンを駆動した燃焼ガスを改質器の燃焼部に導いた後、排熱回収ボイラーに導くように構成したことを特徴とする特許請求の範囲第7項又は第8項又は第10項記載の複合発電プラント。
12. 燃料電池の出力負荷を上記燃料電池上流側の燃料流量に比例させて制御することにより、上記燃料電池アノード出口ガス中の残存発熱量を一定値以上とするように構成したことを特徴とする特許請求の範囲第7項又は第8項又は第9項、第10項又は第11項記載の複合発電プラント。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は複合発電プラントに係り、特に溶融炭酸塩型燃料電池、ガスタービン発電装置及び蒸気

タービン発電装置から構成された複合発電プラントに関する。

〔従来の技術〕

従来の溶融炭酸塩型燃料電池は、特公昭58-56231号に記載のように、燃料電池のアノード出口ガス中に未反応の燃料成分を改質器で燃焼させ燃料改質に必要な熱の一部を供給するのに利用しつつ、燃料電池カソードへ空気を供給するための圧縮機を駆動するターボの熱エネルギーとして利用されるように構成されていた。しかし、燃料電池のアノード出口ガス中の燃料成分を前記ターボとは別に設けられたガスタービンの燃料として再燃焼させる点については記載されていなかった。

〔発明が解決しようとする問題点〕

上記従来技術は、燃料電池で燃料の持つ化学エネルギーを出来る限り電気エネルギーに変換させて、しかる後に未反応分としての燃料電池のアノード出口非ガス中の燃料成分を改質反応やCO₂生成リサイクルに利用して、最終的には燃料電池冷却熱と共にターボを駆動して燃料電池のカソー

ドへ空気を供給するための空気圧縮機の動力回収を計り、場合によつては発電も行ふものである。この場合のターボによる発電はあくまで補助的なものであり、燃料電池本体の発電に対して高々数パーセントから十数パーセント程度の出力割合にすぎない。

従つて燃料電池発電プラントの規模が小さい場合にはターボ発電機の容量は相対的に極めて小さなものとなり、回転体としてのスケールメリットが生かされず機械的損失が大きく、設置の効果はなく、経済的なものとはならない。その結果、ターボチャージだけの相対的に低い発電プラントとするのが一般的である。

ターボの出力を燃料電池出力に対して相対的に大きくする手段としては、ターボの入口ガス温度及び圧力を高くするか、補助燃焼器を設けて燃料を追加燃焼させる等の方法が考えられるが、ターボの入口ガス温度及び圧力は燃料電池本体の運転温度及び圧力に規定されており、燃料電池本体に対して新たな開発課題を負わせる事になる。又補

助燃燃器の追加は、アノード出口の低カロリーガスをカソード出口の低酸素ガスで高温燃焼させる新たな技術開発を要求する事になる。従つて従来技術では発電プラントの出力構成比率は燃料電池が大部分を占め、燃料電池を小規模な出力に限定した場合には、ターボチャージによる動力回収を行うものの発電は燃料電池のみで、プラント出力、効率とも燃料電池に全面的に依存する事になる。実績ある従来技術のプラントのトツピングサイクル的な構成によつて、プラントの中での燃料電池の出力比率を小さくして開発途上製品によるリスクを低減すると共に、プラント効率は従来のプラントを上回るといったニーズに対する配慮はなされてない。燃料電池本体の信頼性に対するリスクは、プラント全体の投資に対するリスクとなる問題が大きかった。

そこで、本発明の目的は、発電プラントの構成の中で、燃料電池発電出力の内訳比率を実績ある従来技術の発電出力より相対的に小さくすると共に、プラント効率を当該従来技術のプラントに比

べて高くできる複合発電プラントを提供することにある。

(問題点を解決するための手段)

上記発明の目的を達成するための本発明の要旨とするところは、ガスタービン発電装置、及び燃料電池とから成る複合発電プラントに於いて、燃料ガスを改質系を介して上記燃料電池のアノードの入口に導き、上記アノードの出口から排出される排ガスを燃焼器で燃焼させ上記燃料電池の動作温度よりも高温の燃焼ガスとなし、上記燃焼ガスで上記タービンを駆動するように構成した複合発電プラントであり、更に本発明はガスタービン発電装置、蒸気タービン発電装置及び燃料電池とから成る複合発電プラントに於いて、燃料ガスを改質系を介して上記燃料電池のアノードの入口に導き、上記アノードの出口から排出される排ガスを燃焼器で燃焼させ上記燃料電池の動作温度よりも高温の燃焼ガスとなし、上記燃焼ガスで上記ガスタービンを駆動するとともに、上記燃焼ガスを排熱回収ボイラーに導き、該ボイラーにて高温、高

圧の水蒸気を生成し、上記水蒸気を上記蒸気タービンに導き蒸気タービンを駆動するように構成した複合発電プラントである。

本発明はメタンなどの高カロリー燃料で運転されるガスタービン又はガスタービンと蒸気タービンのコンバインドプラントの燃料の発熱量の一部を燃料電池で電気出力に変換した後に、中・低カロリー燃料としてガスタービン用燃料に使うものである。

(作用)

ガスタービンの燃焼温度は発電効率を高める為技術の開発とともに高温化しつつあり、現在1100℃級の大型ガスタービン発電プラントが実用化しており今後さらに上昇する傾向にある。この場合ガスタービンの排ガスは500～600℃の高温でこれは排熱回収ボイラを設けてガス置熱を回収し蒸気タービンを駆動するコンバインドプラントも実用化されている。燃料の発熱量はメタン等では10000～13000 Kcal/kg 程度の高カロリーであるが、同じ高カロリー用の燃焼器では

2500～3000 Kcal/kg 程度の高カロリーガスでも安定燃焼が可能な事が知られている。

燃料電池の燃料として使われる燃料は、溶融炭酸塩型燃料電池の場合、水素と一酸化炭素を主成分とするガスが一般的である。これ等はメタン等を改質器にて水蒸気と反応させ熱を加えて改質して得られる。この場合、1000～13000 Kcal/kg のメタンの発熱量は吸熱反応による増加と水蒸気を加えた為の低下を含めて3500～4000 Kcal/kg 位になる。

従つて、この3500～4000 Kcal/kg の改質後の燃料発熱量の一部と、電池内部で起きる水蒸気のシフト反応による水素の発生の両方が電気化学反応として利用可能であり、2500～3000 Kcal/kg まで少なくとも約1000 Kcal/kg の差分は燃料電池で利用可能である。これは水蒸気の混合による相対的低下分を補正すると、当初のメタン燃料の持つ総発熱量の2～3割程度の熱量に相当する。

燃料電池においては、電流密度をある値に規定

した場合の電池電圧は燃料利用率の増加に伴い低下する傾向にあり、発電出力は増加するが、アノード出入口の熱量差に対する発電効率は低下傾向にある。この事は燃料電池が部分負荷で高い熱効率を出す特性とも関連して知られている。

従つて、燃料電池を低い燃料利用率で運転する事は、電池での熱損失を減らす効果があり、電池冷却も兼ねているカソード空気の供給設備は小さなものとなる。燃料電池、カソードへの空気供給のためには、専用の小さなターボチャージを設ける事で充分となる。

〔実施例〕

本発明を実施例によつて更に説明する。

実施例 1

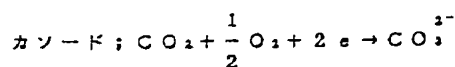
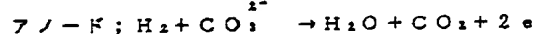
第1図は本発明の第1の実施例を説明するための図である。

発電システムは、燃料電池発電システムとガスタービンコンバインド発電システムの複合発電サイクルとして構成されている。

燃料電池発電システムは、改質器12、燃料電

に必要な熱と温度とを供給するのが一般的であるが、本発明では、燃料電池13で利用する燃料中の化学エネルギーはメタンなどの燃料の持つ発熱量の20～30%程度以下なので、改質反応の転換効率を20～50%程度で充分な事から反応温度も500～700℃程度で可能である。従つて、改質器12は電池カソード出口ガス9の例えば700℃位のガスの顕熱を利用する事ができる為、改質器12にバーナや補助燃料を供給する必要はなくなりシステムは単純化される。

燃料電池のアノード14へ送られた燃料ガスはカソード15の空気および二酸化炭素との間に電解質16を介して電気化学反応により直流電流を得る。この際、炭酸イオン(CO_3^{2-})が電解質16を通してカソード15からアノード14へ移動しアノード14に水蒸気を生成させる。

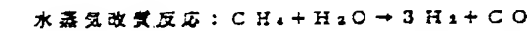


アノード出口ガス3は、ガスタービン燃焼に必

要な発熱量、例えば2500～3000kcal/kg以上の発熱量を残してガスタービン燃焼器32へ燃料ガス4として供給される。

燃料電池のカソードへ供給する空気は、空気圧縮機21にて大気中の空気6を加圧して、圧縮空気7をアノード出口ガス3の一部のリサイクルガス5とともにバーナ19で燃焼させて二酸化炭素を含んだカソード入口ガス8として供給される。カソード15へ供給された二酸化炭素の一部は、炭酸イオン(CO_3^{2-})の形でアノード14へ循環する。

電解質16は、溶融状態の炭酸塩で一般に650～700℃位の温度である。アノード出口ガス3、カソード出口ガス9の温度も700℃位で、電池の冷却熱を放出している。カソード出口ガス9の顕熱は改質器12にて改質反応および電池燃料ガス2の加熱に利用された後、ターボ入口ガス10として供給されターボ22にて動力回収されて圧力・温度の低い排ガス11として放出される。



改質器12での燃料の転換効率は改質反応温度の平面によつて上限値が通常の燃料電池プラントでは80～90%以上の転換効率を得るため800～850℃位の高温とするのが一般的とされている。

その為には、改質器で燃焼反応を行わせて反応

ガスタービンコンバインド発電システムは、既

に実用化されている従来のコンバインド発電システムと全く同じ構成である。

ガスタービン29では、大気中の空気23を圧縮機30で加圧した後、燃焼器32で燃料ガス4を燃焼した後タービン31で熱エネルギーを機械エネルギーに変換し発電機33で発電を行う。タービン31入口の燃焼温度は、現在実用化されている1000～1100℃位まで高くする事により排ガス24の温度は500～550℃位と高くなり排熱回収ボイラ36で蒸気26を生成する事が可能である。蒸気26の圧力は蒸気サイクルの最適化により設計的に選ぶことができるが、40～70kg/m²とするのが一般的である。蒸気タービン34は、ガスタービン29と共有の発電機33を駆動して発電を行う。

蒸気タービン34からの排気は、復水器35で海水等の冷却水36により冷却され復水された後、ボイラ給水27として排熱回収ボイラへ送られ循環系を構成する。改質用蒸気28は、蒸気タービン34より必要な圧力で抽気される。尚、ガスタ

ービン排ガスは、排熱回収ボイラ36で顕熱回収した後、充分に低い温度の排ガス25として大気放出される。

ガスタービン燃焼器32では、高温の燃焼であり高・中カロリーガス燃焼の場合にはNO_xの発生が有り、環境対策上NO_x低減措置が一般に計られている。これには、燃焼器に水又は蒸気を注入する方式が知られている。本発明のシステム構成では燃料ガス4中に改質用に使用した水蒸気の大部分と燃料電池13で生成した水蒸気の大部分が含まれているので、NO_x対策のために必要な水蒸気は通常のガスタービンコンバインドサイクル以上に充分に確保されている。

又、アノードの出口ガス3は、温度が燃料電池13の反応温度とはほぼ同レベルであり、700℃近い温度である為、ガスタービン燃料ガス4として発熱量が低いにもかかわらず、高いガス顕熱分は燃料所要熱量は節約される。

従つて、性能及び環境対策の観点からも、現在実用化されているガスタービンコンバインドプラ

ント並の特性を有する事ができる。

燃料電池13での燃料利用率を、ガスタービン燃料ガス4の発熱量が燃焼器32に必要な値以上に確保する為の手段は、燃料1の流量37に比例した値以下で燃料電池出力18を得る様インバータ17に制御信号38を与える比較的簡単な方法で達成できる。

未反応の燃料は、アノード14を通過してガスタービン燃焼器32で完全燃焼されるので、問題なく有効な利用が行われる。又、パーナ19へ供給されるアノード出口ガス5の流量は、燃料電池出力18に比例して制御すれば二酸化炭素のリサイクルに必要な流量は確保できる。

第2図は、従来のガスタービンコンバインド発電のシステム構成の一例を示す。蒸気タービン34とガスタービン29は共有の発電機33を駆動して発電を行う例を示しているが、各々単独の発電機を駆動する場合もある。蒸気タービン抽気蒸気28は、NO_x対策用として燃焼器32へ噴射注入するが、燃料1の流量の2倍程は注入出来

る様計画されているのが一般的である。燃料1は常温のままガスタービン燃焼器32へ供給され、1000～1100℃の高温で燃焼される。NO_xの環境規制が厳しい日本では、排熱回収ボイラ36には通常脱硝装置が組込まれる。

実施例2

第3図は、本発明の他の実施例を説明する図である。

第1図の実施例との相違点は、改質器12を排熱回収ボイラ36の中又は前に設けてガスタービン排ガス24の顕熱回収を行う点である。ガスタービン排ガス24は500～550℃と燃料電池のカソード出口9の700℃前後に比べて低い為、改質器12での転換効率が小さな値で運転される。ターボチャージ20は、燃料電池13での燃料利用率が低く、空気供給量も小さく小型となる。

実施例3

第4図は、本発明のもう一つの実施例を説明する図である。先の2つの実施例が外部改質型の燃料電池13であるのに対して、本図では内部改質

型燃料電池39を設置しているため、改質器は設置されていない。燃料1は抽気蒸気28と混合した後、燃料ガス2として燃料電池アノードへ供給される。電池では改質反応と電気化学反応が両方行われるため、吸熱反応と発熱反応の熱収支からアノード出口3とカソード出口9の温度を約700℃位にとると、冷却を兼ねているカソード供給空気7の流量は大幅に減少する。ターボ22で駆動用ガス10が燃料電池のカソード出口ガス9だけで不足な場合には、ガスタービン29の圧縮機30より抽気空気40をターボ入口へ導入して、圧縮機を駆動するに必要な動力回収を行っている。圧縮機30よりの抽気は出口でも中間段でも可能で、所要圧力の関係から設計的に選択する事ができる。

(発明の効果)

本発明によれば、従来のガスタービンコンバインド発電システムに比べて、燃料電池複合発電システムの熱効率は、燃料電池の出力に応じて相対的に高くなる効果がある。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の一実施例の燃料電池複合発電サイクル構成図、第2図は従来の一例のガスタービンコンバインドサイクル構成図、第3図は本発明の他の実施例のサイクル構成図、第4図は本発明の他の実施例のサイクル構成図、第5図は本発明の効果の一例を表わす図表。

1…燃料、2…電池燃料ガス、3…アノード出口ガス、4…燃料ガス、5…リサイクルガス、6…空気、7…加圧空気、8…カソード入口ガス、9…カソード出口ガス、10…ターボ入口ガス、11…ターボ排ガス、12…改質器、13…燃料電池、14…アノード、15…カソード、16…電解質、17…インバータ、18…電気出力信号、19…バーナ、20…ターボチャージ、21…圧縮機、22…ターボ、23…空気、24…タービン排ガス、25…排ガス、26…蒸気、27…給水、28…抽気蒸気、29…ガスタービン、30…圧縮機、31…タービン、32…燃焼器、33…発電機、34…蒸気タービン、35…復水器、

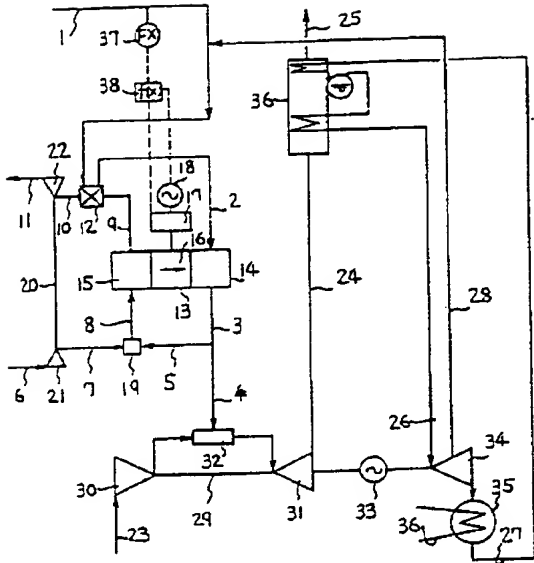
第5図は、本発明の熱効率向上の効果を概念的に示したもので、ガスタービンコンバインド発電をベースにすると、約40%程度の送電端熱効率に対して、半分位の出力を燃料電池で発電する場合でも約2%相対値の効率向上が、又、ガスタービンコンバインド発電の20%程度を燃料電池発電で出力する場合でも約1%相対値程度的大幅な効率向上が原理的に可能である。しかも、ガスタービンコンバインド発電の出力比率が大きい事から燃料電池の信頼性に基づくプラント全体へのリスクは小さなものとする事ができる。

コンバインド発電の出力と燃料電池発電の出力の合計したプラント出力をコンバインド発電の出力で割った比は、コンバインド発電のみの点42から燃料電池80%燃料利用率とした将来の目標システムの点43を結んだ線41の上に各出力比の値は示される。燃料電池でコンバインドの50%出力を出す出力比1.5の点44及び、20%の出力を出す出力比1.2の点45では前記に示した向上量が示されている。

36…冷却水、37…燃料流量信号、38…演算器、39…内部改質型燃料電池、40…抽気空気、41…送電端熱効率、42…ガスタービンコンバインド発電のみの点、43…燃料電池燃料利用率80%の発電の点、44…出力比1.5の点、45…出力比1.2の点。

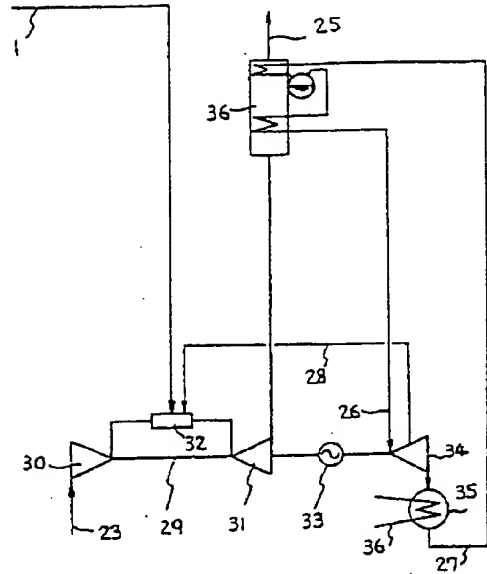
代理人 弁理士 秋本正実

第 1 図



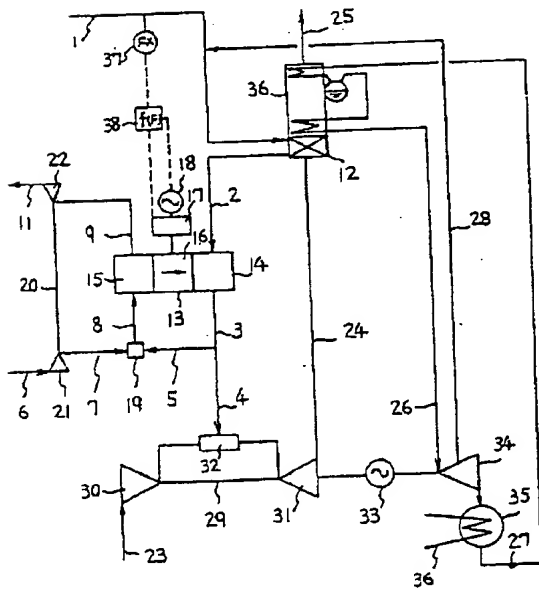
- | | |
|----------------|----------------|
| 1 --- 燃料 | 29 --- ガスタービン |
| 3 --- アイドロガス | 32 --- 燃焼器 |
| 12 --- 改質器 | 34 --- 蒸気タービン |
| 13 --- 燃料電池 | 36 --- 排熱回収ボイラ |
| 20 --- ターボチャージ | |

第 2 図



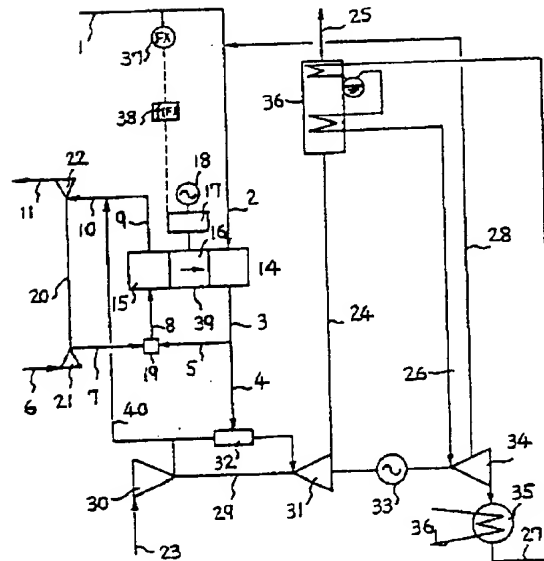
- | | |
|---------------|----------------|
| 1 --- 燃料 | 28 --- 油系蒸気 |
| 29 --- ガスタービン | 32 --- 燃焼器 |
| 34 --- 蒸気タービン | 36 --- 排熱回収ボイラ |

第 3 図



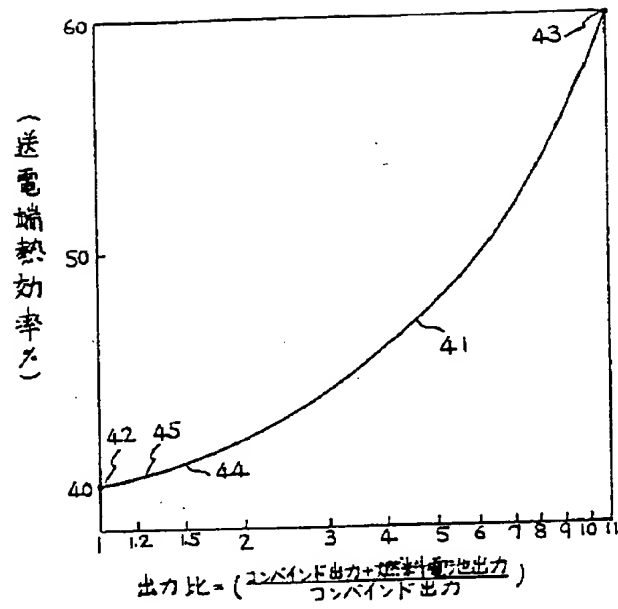
- | | |
|----------------|----------------|
| 1 --- 燃料 | 29 --- ガスタービン |
| 3 --- アイドロガス | 32 --- 燃焼器 |
| 12 --- 改質器 | 34 --- 蒸気タービン |
| 13 --- 燃料電池 | 36 --- 排熱回収ボイラ |
| 20 --- ターボチャージ | |

第 4 図



- | | |
|----------------|------------------|
| 1 --- 燃料 | 29 --- ガスタービン |
| 3 --- アイドロガス | 32 --- 燃焼器 |
| 20 --- ターボチャージ | 34 --- 蒸気タービン |
| 29 --- ガスタービン | 36 --- 排熱回収ボイラ |
| 32 --- 燃焼器 | 39 --- 内部改質型燃料電池 |

第 5 図



第 1 頁の続き

⑦発 明 者 横 須 賀 建 志 東京都千代田区神田駿河台 4 丁目 6 番地 株式会社日立製作所内

⑧発 明 者 杉 田 成 久 土浦市神立町 502 番地 株式会社日立製作所機械研究所内